

★

兵器广角

为更好实现突防，巡航导弹穿上“隐身衣”

凭借特有的弹道和突防能力，巡航导弹在战场上常被用作“敲门利器”。但是，随着反制手段的增多、变强，巡航导弹被拦截的概率也在增大。

例如，美军装备的 AGM-86、BGM-109“战斧”两大系列巡航导弹，一度在战场上大量使用，取得不小战果。但时间进入 20 世纪 80 年代，面对苏联日益完善的国土防空体系，尤其是面对搭载有先进雷达的 A-50“支柱”空中预警机、米格-31“捕狐犬”截击机、苏-27“侧卫”战斗机时，这些在低空以亚音速飞行的巡航导弹立刻暴露出短板。因为，这些战机有足够的发现并将它们击落。

如何继续发挥巡航导弹的作用？各国先后进行了探索。方法之一，就是为巡航导航穿上“隐身衣”。

众所周知，美国较早研制出隐身机——F-117A“夜鹰”攻击机。与之相应，有助于战机隐身的技术如多面体外形、飞翼式布局、扁平状尾喷口设计以及雷达吸波材料等技术也日趋成熟。

为了让巡航导弹更好地实现突防，美国选择了将相关隐身技术向巡航导弹延伸。1985 年，美国空军研制的 AGM-129 巡航导弹进行首飞。这种导弹在保留圆柱形弹体的同时，采用了菱形弹头、埋入式进气口等隐身设计，有效降低了迎头方向雷达反射截面积。不过，由于资金和技术等方面的原因，常规弹头型号的 AGM-129B 巡航导弹项目中途夭折。

此后，在经历 AGM-137 三军通用防区外攻击导弹项目失败后，美国空军和海军联合研制了 AGM-158 JASSM 联合防区外巡航导弹，并在此基础上发展出 AGM-158B JASSM-ER 增程型巡航导弹、AGM-158C LRASM 远程反舰巡航导弹和 AGM-158 XR 极限射程巡航导弹等型号。

AGM-158 JASSM 联合防区外巡航导弹采用梯形截面弹体，可有效折射雷达波，较好地实现弹体隐身。此外，美国在升级 BGM-109“战斧”巡航导弹过程中，也进行了隐身化改造。

在巡航导弹隐身化方面，俄罗斯“复苏”了苏联时期的 Kh-101 隐身巡航导弹研制计划，几经周折于 2013 年定型。

多年来，俄罗斯还先后研制列装了 Kh-59MK2、Kh-69 等隐身战术巡航导弹，这些巡航导弹可由苏-34、苏-35、苏-57 等战机挂载。

欧洲各国也纷纷加入隐身巡航导弹研发行列。比如欧洲多国联合研制的“风暴阴影”隐身巡航导弹（法国称作“斯卡尔普”EG 巡航导弹）、法国 MdCN 海基巡航导弹等。前不久公布相关信息的 RCM² 远程多域巡航导弹，是一种三军通用巡航导弹，除隐身能力外，其战场生存能力、平台适应性、多样化任务能力也较为出色。



低地级护卫舰想象图。资料图片

在不少国家的海军舰艇序列中，都有被称为“海上侍卫”或“海上多面手”的护卫舰。这些护卫舰有的是本国研制，有的是从他国购买。

芬兰海军舰艇序列中，也即将有护卫舰加入。2月初，据外媒报道，该国第一艘低地级护卫舰舰体已完工和涂装。按芬兰相关方面的规划，低地级护卫舰将在今后相当长时间担当该国海

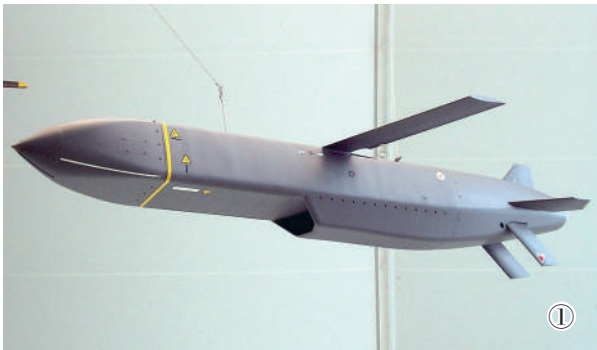
近年来，外媒先后披露了一些关于隐身巡航导弹的资讯：2023 年 5 月，英国向乌克兰提供“风暴阴影”隐身巡航导弹；2024 年 9 月，美国一家研发公司在美国空军与太空军协会举办的一次会议期间，展出了 AGM-158 XR 极限射程巡航导弹；同年 11 月，欧洲导弹公司发布了 RCM² 远程多域巡航导弹

的相关消息。

相关资讯的背后，反映出这样一个趋势——当前，隐身巡航导弹正在崛起，成为打击地面、水面目标的重要选择。本期，让我们走近隐身巡航导弹，了解其发展的历程、现状及趋势。

隐身遁形：巡航导弹的“障眼法”

■王笑梦 李 伦



图①：“风暴阴影”隐身巡航导弹；图②：RCM²远程多域巡航导弹；图③：Kh-101 隐身巡航导弹；图④：AGM-158 XR 极限射程巡航导弹。

总的来说，隐身巡航导弹的发展，既反映出各国对巡航导弹功能作用的认可，也体现了巡航导弹今后发展的主要突破口。

形形色色的“隐身衣”，不一而足的“障眼法”

从各国研制的新一代隐身巡航导弹情况来看，它们大多采用多面体弹体、折叠后掠翼、斜垂尾、埋入式进气道、锯齿形唇口、遮挡式尾喷口等设计，以此达到隐身目的。

雷达隐身是基础。传统巡航导弹采用圆柱形弹体，易于被雷达发现。隐身巡航导弹除敷设吸波涂料外，还优化了弹体外形、弹头和翼面设计。如美国 AGM-158 系列巡航导弹普遍采用梯形截面弹体，雷达反射截面积较小；“风暴阴影”隐身巡航导弹等采用菱形弹头；BGM-109“战斧”Block4 在原有半球形弹头基础上进行了一定隐身处理，降低了雷达反射截面积。新一代隐身巡航导弹不再采用传统巡航导弹的平直翼和十字尾翼，而是采用了隐身能力较强的上反/下反后掠翼、V 型尾翼等设计。

红外隐身很关键。巡航导弹的红外辐射源包括发动机尾喷气流、弹体空气动力加热以及一些部件的热辐射等，隐身巡航导弹在这些方面有针对性地进行了改进。大多数巡航导弹用涡轮喷气发动机提供动力，进气道是主要红外辐射源，隐身巡航导弹因此多采用埋入式或 S 型进气道，既缩小了进气道迎风面积，减小了飞行阻力，又降低了红外辐射强度。为解决发动机尾喷气流红外信号特征明显的问题，一些隐身巡航导弹将尾喷口设计为上反式，用弹体

来遮挡炙热的尾喷气流。有的隐身巡航导弹装有冷空气射流喷口，以此来降低发动机尾喷气流温度。

“示假隐身”有一套。当前的隐身巡航导弹普遍采用超低空高亚音速突防方式，由于飞行速度不快，在末端容易被发现并遭到拦截。为此，一些国家给予隐身巡航导弹“示假隐身”能力。比如，俄罗斯的 Kh-101 隐身巡航导弹装有紫外/红外和雷达告警传感器，一旦感应到防空导弹尾焰及主动雷达导引头照射后，会选择抛撒干扰弹，提高突防成功率。此外，俄军还将一些老式巡航导弹改装成诱饵弹，和隐身巡航导弹一起使用，让对手虚实难分、真假难辨，从而获得更好的突防效果。

巡航导弹隐身，引发一连串新变化

实现巡航导弹隐身，往往要投入大量资金。面对明显增加的投入，又必然会考虑让隐身巡航导弹发挥更大作用。如此，进一步为隐身巡航导弹赋能就成为了一种必然。随着新兴军事技术的应用，当前隐身巡航导弹的发展已呈现出一些新的特点。

射程远。随着防空体系日趋完备，为了在防区外打击位于对手腹地的雷达、机场、集结地、弹药库等高价值目标，隐身巡航导弹纷纷被赋予更远射程。

以海基版 BGM-109“战斧”巡航导弹为例，隐身化的 Block4+“战术战斧”巡航导弹比过去一些型号的射程明显增加，其射程接近 3000 千米。俄军轰炸机携带的 Kh-101 隐身巡航导弹，射程可达 4000 千米以上。

一些战斗机挂载的隐身战术巡航导弹射程也在增加。最具代表性的是美制 AGM-158 系列巡航导弹，其基本型射程 370 千米，增程型提高到 900 千米，极限增程型通过加大弹体尺寸、增加燃料储备，射程超过 1600 千米。“风暴阴影”隐身巡航导弹基本型射程 250 千米，增程型射程达到 650 千米。

精度高。巡航导弹被公认为精确打击弹药。为在复杂电磁环境下精确打击距离更远的目标，一些隐身巡航导弹采用了抗干扰能力更强的多模导引方式。加之近年来各国赋予该类巡航导弹打击活动目标的任務，一些隐身巡航导弹被赋予末段主动寻的能力。

如 Kh-101 隐身巡航导弹采用“卫星制导+惯性导航+地形匹配”复合制导方式，俄方称其打击精度小于 10 米。“风暴阴影”隐身巡航导弹的中段引导使用“卫星制导+惯性导航+地形匹配”导引方式，飞行末段则依靠高分辨率的红外成像导引头自动识别、打击机动目标。RCM² 远程多域巡航导弹还能够通过弹载传感器获取目标信息，进行实时态势感知，且具备巡飞能力。

威力大。高价值目标多种多样，为对诸多目标进行高效打击，隐身巡航导弹的威力有所增加。如“风暴阴影”隐身巡航导弹具有 BROACH 串联战斗部，战斗部前端是一个聚能破甲弹头，可以在硬目标表面开洞，后端则是一个高爆炸头，在钻入目标后爆炸，可用来有效打击混凝土永固工事。法国 MdCN 海基巡航导弹也装有类似的 450 千克侵彻式战斗部，能穿透 4 米厚的混凝土层。

一些隐身巡航导弹有多种战斗部可供选择，比如 Kh-101 隐身巡航导弹可选高爆、半穿甲和子母弹战斗部。BGM-109“战斧”Block4 巡航导弹可使用

WDU-36/B 型高爆/燃烧战斗部，也可换装子母弹布撒器或侵彻式战斗部等。

有的隐身巡航导弹还引入联合多效战斗部，可以使用一种战斗部打击多种类型的目标。

也正因为这种多维度赋能，隐身巡航导弹渐渐成为一些国家倚重的“远击重锤”，隐身巡航导弹家族“人丁”也越来越兴旺。

隐身遁形之后，巡航导弹将“飞”向何方

从战场表现来看，随着各国反导能力的提升，隐身巡航导弹也并非每次使用都能奏效。在此前一些热点地区的武装冲突中，已发生过一些隐身巡航导弹失控坠毁或被成功拦截的情况。

因此，隐身巡航导弹今后要充分发挥作用，必须坚持把隐身遁形作为“必修课”，同时向高科技借力，大幅提升雷达、红外、示假隐身能力，朝着“智能化”“多平台发射”和“多任务能力”方向发展。

日趋智能化。巡航导弹隐身旨在成功实现突防。但随着反导手段的增多、变强，发现巡航导弹的距离在变远、概率在增加。这就意味着，巡航导弹只有将隐身手段与其他方法一起使用，才能达到作战目的。其中很重要的一点，就是向智能化借力。以“风暴阴影”隐身巡航导弹为例，借助智能化技术，它不仅能够按照多变的航路飞行，还可借助人工智能识别目标。AGM-158 XR 极限射程巡航导弹据称也使用了智能化技术，以此提高面对先进防空系统时的突防能力。随着日趋智能化，一些隐身巡航导弹将变得越来越“聪明”，甚至可实现多弹自主协同作战，从而使攻击更加高效。

具备多任务能力。为适应对抗激烈的战场环境，今后的隐身巡航导弹或被赋予更多能力。也就是说，它将不再是单一的远程打击兵器，而是能通过转换不同载荷来执行不同作战任务的空中飞行平台。这种能力已体现在 RCM² 远程多域巡航导弹上。该型巡航导弹除了能够搭载战斗部外，还能够搭载电子干扰载荷、侦察载荷，变身为诱饵导弹、侦察型导弹等。

用多种平台发射。巡航导弹在发展之初就曾在多平台发射能力上取得一定成效。今后，能用多种平台发射或将成为隐身巡航导弹的必备能力。因为只有如此，才能充分发挥隐身巡航导弹的作用。“风暴阴影”隐身巡航导弹的发展就体现出这一特征，它既可以陆基发射，也可以舰载发射，还可以使用鱼雷管发射。AGM-158 XR 极限射程巡航导弹也具有类似特征，除了可用轰炸机搭载外，美军其他战斗机也可以携带发射。

当前，隐身巡航导弹的价格昂贵。这意味着，低成本化也将是其发展方向。因为只有不断压低成本，才能使其在今后战场上拥有更多用武之地。

供图：阳 明

方面，对外采购了可装填 32 枚改进型“海麻雀”导弹的 Mk41 垂直发射系统，以及 8 枚以色列 IAI 公司研制的加百列 V 反舰导弹等。

通过种种努力，低地级护卫舰将被打造为兼具反舰反潜、防空反导、海上扫/布雷、对陆火力支援、充当海上编队指挥平台和重要信息节点能力的多功能中型军舰。其舰体采用封闭式隐身设计，航行速度 26 节，续航里程 6000 多千米，编制船员 73 人。

根据目前的时间表，第一艘低地级护卫舰将在 2027 年交付芬兰海军，其他 3 艘将在 2029 年投入使用。

有关专家判断，凭借隐身化的设计、灵敏的感知装置、高度自动化的航海系统，以及现代化的作战手段，低地级护卫舰在建成后，很可能成为活跃在近北极圈海域的海上新力量。

★

新装备展台

★

装备动态



图为韩国 PapyDrone-800 纸板固定翼侦察无人机。资料图片

近年来，一些国家的企业先后推出可用于战场的“纸飞机”，引发外界关注。其中，就有韩国 The Peach 公司研发的 PapyDrone-800 纸板固定翼侦察无人机（以下简称“PapyDrone-800”）。

此前，由澳大利亚 Sypac 公司研制的 Corvo PPDS 纸板无人机（以下简称“Corvo PPDS”）已经投入战场。

据称，PapyDrone-800 的大部分构件，如机体、主翼、垂直尾翼等，都是以纸为材质。这种纸并非通常人们印象中的那种书本用纸，而是一种经过特殊处理的瓦楞纸，不仅轻，而且强度高，可在一定程度上防水。

“纸飞机”之所以能在战场上拥有一席之地，是因其具有一些其他无人机无法比拟的特点。

「纸飞机」飞向战场

一是轻。澳大利亚的 Corvo PPDS 翼展约 2 米，自重只有 3 千克左右。韩国的 PapyDrone-800 的自重更轻，翼展只有 80 厘米。这种“轻”，使无人机只需较小功率的电动机就可驱动，且可用手抛掷起飞，因而使用便利。

二是具有低可探测性。纸板无人机外部几乎通体为纸质，具有良好的透波性，雷达反射截面积较小。加上体积小、飞行速度慢、电力推进产生的热量有限，因此它难以被一些侦察感知手段发现。

三是成本低廉。与金属机身无人机相比，纸板无人机相对低廉。PapyDrone-800 以瓦楞纸、泡沫材料、热熔胶等为材料，尽量减少电子元件的使用，造价远远低于传统金属机身无人机。

当然，“纸飞机”能够上战场，也是科技加持的结果。

根据公开资料，为克服纸质材料的固有局限性，PapyDrone-800 在关键部位采用了不同的增强材料。例如，在发动机安装点和电子设备舱室，使用了碳纤维、泡沫塑料等轻质高强度材料进行结构加固。

PapyDrone-800 集成的航空电子系统和控制导航技术，使得该无人机具有部分自主控制能力，据称可以对抗最大风速为 10 米/秒的大风。内置的安全模块可以防范未经授权的信息访问。Corvo PPDS 也使用了类似能够抗电磁干扰的制导系统。

凭借独有的特点和技术的加持，“纸飞机”才得以具备飞向战场的潜力。如 PapyDrone-800 的最大起飞重量为 1 千克，续航时间约 20 分钟，这预示着其具备基本的短程侦察能力。

从传统金属机身到轻质材料机体，PapyDrone-800 和 Corvo PPDS 等轻量化无人机的出现，体现了军事技术的一个发展方向：在信息化智能化武器装备研发中，对高性价比、可快速部署和灵活机动作战能力的追求将没有止境。这一选择，不仅关乎材料选择，更涉及作战理念的变革。

